

*Література:* 1. Горелов Г. В., Казанский Н. А., Кудряшов В. А., Ромашкова О. Н. Цифровые телекоммуникационные сети / Под ред. Г. В. Горлова, Г. И. Загария. – Харьков: ХФИ “Транспорт Украины”, 2000. – 216 с. 2. Алферов А. П., Зубов А. Ю., Кузьмин А. С., Черемшин А. В. Основы криптографии : Учебное пособие. – М.: Гелиос, 2001. – 480 с. 3. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 364 с. 4. Бабич В. Д., Кувшинов О. В., Лежнюк О. П., Ливенцев С. П. Завадостійкість каналів зв'язку : Навчальний посібник. – К.: КВІУЗ, 2001. – 150 с. 5. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / Пер. с англ. под ред. Железнова. Н. А.. – М.: ИЛ, 1963. – 829 с. 6. Бабич В. Д., Кувшинов О. В., Ливенцев С. П. Основи теорії інформації : Навчальний посібник. – К.: КВІУЗ, 2000. – 42 с. 7. Завадостійкість систем передачі з ППРЧ при впливі шумової завади в частині смуги / О. В. Кувшинов, С. П. Ливенцев, С. М. Боголій, В. П. Павлов // Збірник праць КВІУЗ. – 2001. – Вип. 5. – С. 33–38.

УДК 621.391.82

## К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ЭКРАНИРУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И КАБИН

*Александр Архипов, Владимир Луценко, Валерий Худяков\**

*Национальный Технический Университет Украины «КПИ»*

*\*НИИ Электромеханических приборов*

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы практической реализации экранирующих конструкций и кабин, их характеристики, применение.

*Summary:* Screening equipment and screening cabins are considered from the point of their practical production and application.

*Ключевые слова:* Экранирование, эффективность экранирования, диапазон частот, конструкция.

### Введение

В настоящей статье представлены результаты, полученные в ходе проведения анализа имеющихся экранированных сооружений с целью определения оптимальной конструкции сборно-разборной экранированной камеры (ЭК) с эффективным экранированием магнитной составляющей электромагнитного поля в диапазоне частот от 30 Гц до 150 кГц. Исследованы возможности применения перспективных магнитных материалов, обеспечивающих решение этой задачи, некоторые технологические особенности его практической реализации.

Существующий ряд экранированных сооружений, как возводимых стационарно (неразборных), так и блочно-модульных, конструировался в основном для диапазона частот от 150 кГц и выше [1–5]. Как правило, ЭК изготавливаются из стальных листов нормального сортамента (сталь 20 и др.), сваренных для получения цельной конструкции. Сборно-разборные (блочно-модульные камеры) изготавливаются на облегченных стальных либо алюминиевых или деревянных каркасах в зависимости от материала экрана и требуемой эффективности экранирования (ЭЭ) в низкочастотной части диапазона, и представляют собой конструкцию с болтовыми соединениями [1–4, 6, 7].

Для большинства экранированных помещений применяют оцинкованную листовую сталь, и сетки из тонкой медной проволоки или тонкие медные листы. При равных затратах на материал стальной экран обеспечивает примерно ту же ЭЭ, что и медный экран на частотах порядка 150 кГц. Ниже этой частоты сказывается сравнительно более высокая магнитная проницаемость стали, благодаря чему стальной экран обеспечивает более высокую эффективность магнитного экранирования. Но магнитная проницаемость ферромагнитных сплавов с высоким содержанием железа (стали разных марок) является слишком малой, чтобы обеспечить высокую ЭЭ магнитных полей низких частот.

Сплавы на основе никеля (например, МЮ-металл, пермаллой, гиперном, конетик) имеют проницаемость (и стоимость) приблизительно на два порядка выше, чем сплавы на основе железа. Однако эти сплавы имеют большую чувствительность к давлению и изменению температуры, после отжига не допускают никаких механических операций (сварка, изгиб, сверление и т. п.). Монтаж указанных материалов на каркас экранирующего сооружения требует высокой технологичности конструкции и высокого качества сборки [6].

## I Металлические фольговые материалы, новые металлические материалы и сплавы. Ленты из аморфных сплавов

Металлические материалы в виде сверхтонкой фольги используются для оклеивания, ламинирования поверхности пластмассовых и алюминиевых кожухов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), в том числе для экранирования стыковых соединений, выполнения экранов кабелей. При выполнении многослойных экранов с использованием металлической фольги и слоев из тонких полимерных материалов (полиэтилен, поливинилхлорид, нейлон и т. д.), могут быть получены гибкие и легкие экранирующие материалы с высокой ЭЭ в широком спектре частот. Данные по составу, свойствам и применению металлических фольговых материалов, а также новых экранирующих материалов и сплавов, приведены в табл. 1.

Аморфные ленты на основе кобальта или никеля («аморфное стекло», получаемое применением специальных технологий обработки металлических расплавов) отличаются высокой магнитной проницаемостью и не требуют, как пермаллой, никакой магнито-термической обработки. Они тонкие и имеют высокие механические характеристики.

Так как ленты из аморфных сплавов обладают низкой электропроводностью, они наиболее эффективны для экранирования магнитных полей в диапазоне частот от 0 до десятков кГц.

Чаще ленты из аморфных сплавов используются в составе многослойных экранов [8] (алюминиевый сплав – аморфный сплав, поливинилхлоридная пленка – аморфная лента) с целью увеличения ЭЭ экранов на низких частотах. Перспективная группа экранирующих материалов с применением аморфных лент – это тканевые экраны (в виде чехла).

Экранирующие свойства аморфных лент и материалов на их основе приведены в табл. 2 (данные взяты из [9]).

Таблица 1 – Экранирующие металлические материалы на основе новых технологий нанесения металлических покрытий, композиционных сплавов, фольги

Способ нанесения покрытия, либо изготовления. Химический состав материала	Физические и электрические свойства, область применения	Фирма производитель	Источник информации
1	2	3	4
Процесс соединения в твердой фазе. Материал: «TI-Shield»	Эффективное экранирование в диапазоне частот от постоянного тока до десятков ГГц. При использовании материала TI-Shield в виде фольги толщиной 0,25 мм обеспечивается выполнение требований стандарта NSA 65-6 Управления национальной безопасности по защите от электромагнитных и радиопомех.	Texas instrument s США	[10]
Композиционные листовые материалы в виде фольги из железа толщиной 10–20 мкм, играющей роль сердечника: с обеих сторон гальванически покрывается слоями толщиной 1 мкм из цинка, олова, никеля, хрома или меди. На полученный композиционный металл наносится адгезив – полиэтилен, затем бумажная либо пластмассовая пленка.	Покрытие электрических проводов и кабелей, экранирующие обои для помещений и т. п.	«Showa Laminate Printing Co» США	[11]
Сверхпроводящий магнитный экранирующий материал из железа, кремнистой стали, сплава никеля, аморфного сплава кобальта, аморфного сплава железа, пермаллоя, меди, на котором сформирована пленка серебра.	В виде легкого тонкосплавного листа.	«Хитачи касай когё» К. К Япония	[12]

Продолжение Таблицы 1.

Клеящиеся тонкие ленты из меди и алюминия толщиной 35 мкм. Оплетка для кабеля на основе стекловолокна и медной фольги.	Экранирование в местах щелевых отверстий кожухов РЭА, экранирование кабельных изделий. Создание дополнительного экрана на внутренней поверхности корпусов компьютеров (дисплеев). Высокая ЭЭ в диапазоне частот (0,1–1000) МГц.	«Денси гидзюцу» Япония	[13]
Сверхтонкая стальная фольга. Химический состав: помимо Fe, 0,2% Mn; 0,02%P; 0,02% S; 0,04% Al, 0,004% Ni. Холодный прокат с последующим отжигом в течение 1 часа при 600–950 °С	Эффективное экранирование пластмассовых корпусов средств ЭВТ. Толщина фольги (20–100) мкм.	«Нипон Кокан К.К» Япония	[14]
Магнитный экранирующий материал. Химическое соединение AsF, расположенное между слоями графита в виде тонкой пленки, пудры, хлопьев или волокна. Входит в состав экранирующих композиционных материалов. Экранирование корпусов ЭВМ, в телевизионной аппаратуре.	Высокая электропроводность – $9 \cdot 10^8$ С/см, малый вес, высокая ЭЭ в широком спектре частот.	«Сумитом о дэнки когё К.К» Япония	[15]
Новый материал: сплав меди с бериллием. Затухание – не менее 100 дБ в диапазоне частот от 10 МГц до 10 ГГц. Высокая эластичность, абразивная и коррозионная стойкость.	Материал обеспечивает ЭЭ по магнитному полю.	Не известна. Великобритания	[16]
Новый материал: пористый алюминий. Изготавливается добавлением в расплав гидридов металлов солей угле- или щавелевой кислоты, некоторых минералов.	Пористость материала достигает 90%, а его плотность порядка 0,2–0,3. Используется как компонент слоистого конструкционного материала, экрана для защиты от электромагнитных волн, декоративный облицовочный материал, звуко- и теплоизолятор.	«Когё дзайре» Япония	[17]

Таблица 2 – Применение аморфных лент для экранирования переменных электромагнитных полей

Состав материала	Физические и электрические свойства, область применения	Фирма производитель	Источник информации
1	2	3	4
Ленты из аморфных сплавов на основе кобальта и никеля, в том числе в составе многослойных экранов.	( $\mu_{\max} = 1 \cdot 10^5$ при $\lambda_c = 0$ ) * Глубина проникновения магнитного поля при 50 Гц и 100 кГц соответственно 0,6 мм и 0,015 мм. Ленты особенно пригодны для экранирования от постоянных или медленно меняющихся магнитных полей.	Не известна	[9, 18]
	Экраны из аморфных сплавов толщиной в 5 раз меньшей, чем ленты из пермаллоя, при той же геометрии обладают лучшей экранирующей способностью. Легкость, гибкость и стойкость к ударам и вибрациям. Для экранирования больших поверхностей экраны могут изготавливаться методом плетения лент с		

Продолжение Таблицы 2

	основой (подкладкой) в виде тонкого слоя диамагнетика.		
Магнитный экран, изготовленный из полос алюминиевого сплава толщиной 2 мм, покрытых лентами из аморфного магнитного сплава марки Metglass 2826, толщиной 25 мкм.	Замкнутый экран состоит из двух конструкций, вставленных друг в друга.	Не известна	[19]
Магнитный экран в виде трехслойного листа. Внешними слоями служит поливинилхлоридная пленка. Внутренний слой состоит из хлопьев аморфного магнитного сплава. Толщина хлопьев, имеющих вытянутую форму, от 5 мкм до 100 мкм, при соотношении максимальной длины к максимальной ширине хлопьев в пределах от 10 до 15000.	Трехслойные листы	«К.К.Riken and Simizu Construction Co» Япония	[20]

\*)  $\mu_{\max}$  – относительная магнитная проницаемость;  $\lambda_c$  – константа магнитострикции насыщения, как относительное изменение длины в заданном кристаллографическом направлении при переходе образца из случайно размагниченного состояния в состояние полного магнитного насыщения.

### Металлические и металлизированные сетки, текстиль, токопроводящие стекла

Металлические сетки из меди, латуни, никелевых сплавов находят применение для экранирования электромагнитного излучения экранов дисплеев, применяющихся в ПЭВМ, средствах ЭВТ, телевизионной технике.

Из металлических сеток (медь, латунь) сооружаются сборно-разборные экранированные кабины для диапазона частот от 30 МГц до 10000 МГц [2], гибкие, полностью замкнутые футляры, экранирующие компьютерные терминалы и другие электронные приборы [21, 22].

В последнее время токопроводящие сетки получают путем химической либо электрохимической металлизации волокон углерода (графита) или стекловолокна одно- или двухслойным покрытием медью, никелем, золотом, кобальтом или их сплавами [23].

#### *Металлизированный текстиль.*

Металлизированные текстили имеют основу из текстильного материала, изготавливаемого из

- пластмасс (полипропилен, нейлон, полиэстер);
- стекловолокна;
- углеродистых волокон;
- кремниевых или алюминиевых волокон;

При этом диаметр волокон – в пределах от 10 мкм до 250 мкм, покрываемых слоем металла толщиной от 0,1 мкм до 5 мкм с помощью вакуумного напыления или гальванопокрытий.

Металлизированные текстили производства "Devex Inc." (Швейцария) в настоящее время изготавливаются из стандартного набора материалов основы с никелевым покрытием [22].

Свойства металлизированных тканей производства фирмы "Devex" приведены в табл. 3. Данные взяты из [22].

Хорошие характеристики по ЭЭ электромагнитного поля рассмотренных материалов достигнуты за счет низкого электрического сопротивления и полного покрытия поверхности текстиля металлом (при этом устраняется контактное сопротивление и "передача" за счет индукции, возникающая в точках пересечения обычных плетенных металлических тканей).

Таблица 3 – Свойства металлизированных тканей фирмы “Devex”

Тип ткани	PMU 100	PMO 400
Материал*	Полиэфир	Полиэфир
Конструкция	Тканая основа	Тканая основа
Металл покрытия	Никель	Никель
Вес А. Основа, г/м <sup>2</sup> В. Металл, г/м <sup>2</sup> С. Конечный материал, г/м <sup>2</sup>	100 25–35 125–135	35 35–40 65–75
Ширина рулона, см	148–160	104–150
Толщина, мкм	190	62
Сопротивление постоянному току, мОм/м <sup>2</sup>	85–125	60–100
Экранирование Е-поля, дБ 10 кГц – 100 МГц 1 ГГц 10 ГГц 40 ГГц	>50 >55 >60 >60 >40	>55 >60 >65 >50

\*) – Ткань воспламеняема.

Экранирующие конструкции из указанных тканей можно сшивать традиционными методами, соединять с использованием молний–застежек либо соединением типа «репейник».

Текстили можно также спаять, используя обычные припои (ПОС–60, ПОС–40).

Отдельные виды металлизированных текстилей (плетенные единичными нитями) обеспечивают прозрачность порядка 40%, что применимо для экранирования окон, вентиляторов и т. п.

Низкий удельный вес, а также проникаемость для воздуха и видимого света обеспечивают преимущество перед алюминиевой или медной фольгой.

Однослойные панели для ЭК можно изготавливать из катаной листовой стали толщиной 2,5–3 мм., при этом сборка осуществляется на болтах стяжными устройствами специальной конструкции [5].

Для двухслойных экранов сборных ЭК могут применяться панели из фанеры толщиной 18–25 мм, покрытые с обеих сторон стальными листами. Интервал между крепежными болтами: не более 5–8 см.

Примерные характеристики экранирующих конструкций приведены в табл. 4. В табл. 5 приведены данные по некоторым характеристикам ЭК и экранированным сооружениям.

Таблица 4 – Примерные характеристики экранов

Тип конструкции экрана	Тип экрана	Материал	Эффективность экранирования, дБ			
			Магнитное поле		Электрическое поле (плоские волны)	
			60 Гц	15 кГц	1 ГГц	10 ГГц
Двухслойный экран с изоляцией слоев	Сетка	Медь	–	68	120	–
		Бронза	–	40	110	–
		Сталь (цинков)	–	50	50	–
	Сплошная	Сталь	15	82	120	90
		Медь + сталь	18	93	120	105
Однослойный экран	Сетка	Сталь	6	–	60	–
		Бронза	–	–	–	–
	Сплошная	Медь	–	–	–	–
		Сталь	–	48	90	–

Таблица 5 – Сведения об экранированных камерах, конструкциях, помещениях

Описание, назначение и конструкция экранированного сооружения. Типы материалов, применяющихся для экранирования	Электрические характеристики	Источник информации. Фирма изготовитель
1	2	3
<p>Экранированное помещение для проведения экспериментальных исследований. Помещение имеет двойные стенки, пол и потолок, собранные на каркасах из алюминиевого сплава. Стены облицованы листами слоистого материала с прослойкой из металла, имеющего высокую магнитную проницаемость. Стыки между листами плотно закрыты через проводящие прокладки полосами экранирующего материала. Пол в камере приподнят над полом основного помещения на виброгасящих подставках.</p>		<p>[7] «Magnas– hield Technologies Inc.» США</p>
<p>Электромагнитно–экранированное здание. Система экранирования здания, в котором размещена аппаратура связи, излучающая радиоволны в широком диапазоне частот. Стены, окна и двери здания имеют встроенные сетчатые экраны. Каждый этаж снабжен распределенным кабелем утечки, по которому радиоволны в виде наведенных электрических сигналов стекают на общий вертикальный кабель через объединитель. Эта система кабелей служит для переноса радиочастотных колебаний без необходимости подключения кабелей РЭА.</p>		<p>[24] «Shimizu Construction Co. Ltd.» Япония</p>
<p>Малогобаритная «полубезэховая» камера размером (4,9х7,2х3,1) м с металлическим полом и выложенными ферритовыми плитками потолком и стенами. Ферритовое покрытие обеспечивает практически полное поглощение падающей на него электромагнитной энергии.</p>	<p>В диапазоне 0.03–1 ГГц имеются резонансные явления. Резонанс обусловлен слабым отражением электромагнитных волн от ферритового покрытия камеры.</p>	<p>[25]</p>
<p>Система экранирования замкнутого пространства от проникновения электромагнитных волн радиочастотного излучения в диапазоне частот 10 кГц–30 ГГц. Для сохранности информации компьютеров, расположенных в данном помещении, в качестве экранирующего материала потолка, стен и пола использована медная сетка (чем выше частота, тем мельче сетка).</p>		<p>[26] Великобритания</p>
<p>Экранированная камера. Экран состоит из одно-, а также многослойного покрытия основы тонкой металлической фольгой. Сообщается, что за счет поверхностных токов в многослойных экранах защита от "подслушивания" даже на большом удалении от камеры полностью не обеспечивается.</p>		<p>[27] Австрия</p>
<p>Звукоизолированные комнаты с защитой от ВЧ–излучения. Применяются при создании лабораторных помещений для предохранения исследовательской аппаратуры от влияния электромагнитного излучения и исключения электронного подслушивания. Стены комнат представляют собой панели со сплошным металлическим экраном и поглотителем из звукоизолирующего материала (стеклопластик). Панели между собой скрепляются соединителями Н-образной формы, имеющими прокладки, экранирующие ВЧ–излучения. Комнаты имеют соответствующую защиту в углах и областях прилегания дверей.</p>		<p>[28] «Industrial Acoustics Co.» США</p>

Продолжение Таблицы 5.

Оптимальная конструкция экранированной безэховой камеры для современного радио и связного оборудования. Геометрические размеры зоны безэховости в (-85) дБ: длина – 5,5 м; ширина – 2,6 м; высота – 5,5 м.	ЭЭ – 163 дБ в диапазоне частот от 10 МГц до ГГц	[29] «ХРБ – Сингер инкорпор.» США
Надувные конструкции для экранирования, в основном, электрической составляющей электромагнитного поля. Металлизированная ткань изнутри покрыта виниловой пленкой. Размеры воздушно-надувной конструкции могут быть самыми различными.	Ткань с металлизацией алюминиевой фольгой толщиной 0,025 мм обеспечивает ЭЭ электрического поля до 100 дБ на низких частотах и около 80 дБ на частоте 1 ГГц	[30]
Экранированная камера для низких частот. Характеристика конструкции: двухслойный экран в виде куба. Внутренний куб с размером стенки 2,44 м, внешний куб с размером стенки 3,05 м. Каркас из алюминиевых V-образных труб с широкими фланцами на концах. Экранирующий материал – гиперном (материал фирмы Westinghouse), состоящий из 80% никеля, 4,5% молибдена и железа со следами других металлов. Относительная магнитная проницаемость при нулевой частоте 7000. Размеры плит из гипернома 61x122 см при толщине листа 1,57 мм. Сборка листов в конструкцию панели – с помощью болтовых соединений. В начале собирают алюминиевый каркас, затем производится монтаж экранирующих листов из гипернома. Места стыковых соединений экранировались с помощью планки из гипернома с нахлестом на оба края листа не менее 9,5 мм. Для закрепления экранирующей планки использовались алюминиевые болты и гайки с контролируемым напряжением соединения при скрутке.	ЭЭ на нулевой частоте – не менее 40 дБ, на частоте 1 кГц – более 70 дБ. Чувствительный компас, ориентированный на север вне сооружения, не смог обнаружить какого-либо значительного поля внутри, независимо от его ориентации.	[6]
Экранированная безэховая камера с двойными металлическими стенками. Наружные размеры: длина – 9 м; ширина – 5 м; высота – 3 м. Внутреннее полезное рабочее пространство: длина – 6,3 м; ширина – 3,7 м; высота – 2,3 м. Внешняя металлическая оболочка выполнена из панелей листовой стали. Внутренняя оболочка из холоднокатаной меди, изолирована от внешней и соединена с ней электрически только в одном месте – на панели сетевых фильтров (у клеммы заземления). Внутренняя и внешняя поверхность двери также изолированы друг от друга. Каждая поверхность двери соединена с соответствующей стенкой, когда дверь запирается. Внутренние стенки и потолок устланы поглощающим материалом толщиной 61 см (поглотитель рассчитан на частоты в районе 200 МГц).	Среднее эффективное поглощение стенок – 13 дБ (коэффициент отражения 40%)	[31] США

### Выполнение стыковочных соединений разъемных элементов ЭК

Теоретически экран позволяет подавить электромагнитные излучения любой частоты в диапазоне от постоянного тока до СВЧ более чем на 100 дБ [5]. Непрерывность ВЧ экрана нарушается в основном на стыках сопрягаемых деталей (щелей).

Существует несколько способов уменьшить влияние щелей на ЭЭ. Если экран монтируется винтами (заклепками), то затухание можно существенно увеличить более часто располагая крепежные детали, а также применяя специальные уплотняющие прокладки.

Способы соединения экранирующих листов описаны также в [5].

Методы сварки приходится тщательно выбирать для материалов с большим значением относительной магнитной проницаемости ( $\mu > 1000$ , см. табл. 6), которые отжигаются перед монтажом. Сварка нарушает

свойства экрана, достигнутые при помощи отжига.

Значение относительной магнитной проницаемости и проводимости большинства материалов, которые могут использоваться в качестве экранирующих, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Значение относительной магнитной проницаемости и проводимости

№ п/п	Материал	Относительная магнитная проницаемость, $\mu$	Относительная проводимость, g
1	2	3	4
1.	Медь	1	1
2.	Алюминий (мягкий)	1	0,61
3.	Алюминий (закаленный)	1	0,3–0,5
4.	Латунь (91% меди, 9% цинка)	1	0,47
5.	Латунь (66% меди; 34% цинка)	1	0,27
6.	Магний	1	0,375
7.	Золото	1	0,77
8.	Свинец	1	7,9x10
9.	Манганин	1	3,9x10
10.	Монель (67% никеля, 30% меди, 2% железа, 1% марганца)	1	4,2x10
11.	Нихром	1	1,2x10
12.	Платина	1	0,175
13.	Серебро	1	1,06
14.	Тангал	1	0,111
15.	Олово	1	0,15
16.	Вольфрам	1	0,313
17.	Цинк	1	0,32
18.	Бериллий	1	0,28
19.	Кадмий	1	0,232
20.	Ртуть	1	0,018
21.	Хром	1	0,664
22.	Конетик	2.000	0,033
23.	Суперпермаллой	100.000	0,0288
24.	Пермаллой 79 НМ	20.000	0,0314
25.	Пермаллой 78	8.000	0,108
26.	Пермаллой 45 (отжиг при 1200 °С)	4.000	0,0384
27.	Пермаллой (отжиг при 1050 °С)	2.500	0,0384
28.	Железо чистое техническое	5.000	0,17
29.	4% кремнистая сталь (текстурированная)	1.500	0,037
30.	4% кремнистая сталь	500	0,029
31.	Никель	100	0,221
32.	Нержавеющая сталь	200	0,02
33.	Холоднокатаная сталь	180	0,17
34.	Сортовая сталь (примеси – 0,2%)	200	0,17
35.	Горячекатаная кремнистая сталь	1.500	0,0384
36.	50% железоникелевый сплав	1.000	0,0384
37.	Гиперник	4.500	0,0345
38.	Монимакс	2.000	0,0216
39.	Синимакс	3.000	0,0192
40.	Мю – металл	20.000	0,0289
41.	Пермендюр	800	0,247
42.	Гиперко	650	0,069
43.	Перминвар 45–25	400	0,091
44.	Альфенол 16	4.500	0,0113

Для достижения минимальной утечки излучения через щели контактных соединений две контактирующие поверхности должны быть свободны от окисей, жира, грязи и подогнаны по возможности плотнее для обеспечения максимального контакта. Во всех случаях, где можно допустить перекрытие материала по шву, следует использовать этот метод сохранения непрерывности, а не введения прокладочных материалов. Расстояние между болтами в соединении должно быть по возможности меньшим (особенно для эффективного экранирования на высоких частотах).

Рассмотрим некоторые вопросы, связанные с применением уплотняющих соединений, в том числе описание способов и устройств соединений для экранирующих панелей ЭК. В [34] (Германия) представлена экранирующая оболочка многослойной экранированной камеры из свинченных между собой элементов. Материал – алюминиевый лист. С целью увеличения ЭЭ в низкочастотном диапазоне (10–1000) Гц алюминиевые листы плакированы медью. Промежуток между двумя соединяемыми листами экранирующей панели оболочки экранирован с двух сторон полосами из алюминия, стянутыми винтами. Поверхность экранирующей пластины со стороны плакированной поверхности листа также покрыта медью (плакирована).

В [35] представлен способ соединения электромагнитных экранов (Япония, фирма «ТДК К.К.»). В многослойном экране ЭК внутренние стенки экрана выполняют из металлических пластин с определенным промежутком. В промежуток вставляют металлический провод и припаивают его к экранирующим пластинам по стыку.

В [38] предлагаются представленные японской фирмой «Сумитомо суриэму К. К.» способ и устройство для экранированного соединения между соседними панелями экранированного помещения (камеры). Торцы каждой панели заделываются металлическим Н-образным профилем с отбортовками в месте стыка. Проводящая пленка проходит по стенкам панелей, профилям и отбортовкам внутрь стыка. В пазы вставки и зазоры между отбортовками вводятся уплотнения для компенсации погрешностей сборки и контактирования между вставкой и профилями. На внешний стык профилей накладывается токопроводящая прокладка с двухсторонним покрытием, перекрывающая промежуток между панелями и выполненная из полиэфирных волокон с адгезивом и *Si*-порошком. На прокладку крепится проводящая пластина.

В [36] американская фирма «Schlegel Corp.» предлагает проводящую прокладку, которая служит для исключения влияния электромагнитных и радиочастотных излучений и изоляции от воздействия шумов и влажности окружающей среды. Она содержит проводящую оболочку, закрепленную с помощью герметизирующего уплотнения на упругом сердечнике из пенопласта. Проводящее покрытие, образованное путем погружения токопроводящих частиц в химически неактивный биндер, прикрепляется снаружи эластомерной оболочки, что обеспечивает снижение электрохимической коррозии за счет изоляции разнородных металлов, содержащихся в материале экрана и в проводящей оболочке. Наружное покрытие состоит преимущественно из коллоидной суспензии сажевых частиц, наносимой на всю внешнюю поверхность металлизированной серебром эластомерной оболочки, что обеспечивает создание высокопроводящего влагонепроницаемого перехода между наружной поверхностью и герметизируемыми элементами конструкции.

Уплотняющее устройство электромагнитного экранирования для корпусов аппаратуры, которое помимо ВЧ-экранирования обеспечивает водонепроницаемость, представлено в [37] фирмой «Филипс» (Германия). В корпусе, по торцу, проводится канавка круглого, треугольного и т. п. профиля. В крышке корпуса выполняется подобная канавка, в которую закладывается круглый провод диаметром, обеспечивающим неплотное прилегание (с зазором) крышки к корпусу. Обе части корпуса стягиваются винтами и за счет пластичного материала провода (алюминий) либо упругости (жесткая пружинистая прокладка из стальных волокон) обеспечивается экранирование. Такая конструкция предотвращает возникновение гальванических пар, облегчает сборку и обработку частей корпуса. В результате деформации мягкого металла, вследствие усилий притяжения винтами, металл прокладки заполняет пустоты в канавках и обеспечивает водонепроницаемость корпуса.

В [35] германская фирма «Carl von Ossietzky» представляет экранирующую массу для герметизации и экранирования соединений. Негорючий материал затвердевает в течение 60 мин при температуре 120–150 °С. В состав входит графит либо углерод в пределах 2 – 25% массы, Au, Pd, Cu, Ni, Al и др. металлы в виде порошка с зёрнами диаметром 1 – 30 мкм в пределах до 80% массы. В качестве связующего вещества используется эпоксидная смола.

Несомненный интерес представляет устройство [39] для механического и электрического соединения тонких стальных экранирующих пластин («Хитачи», Япония). Для улучшения электрического контакта и механического соединения пластин, упрощения сборки и уменьшения используемого материала в соединяемых частях экрана предусмотрены прямоугольные отверстия, в которые вводится пружинная скрепка, имеющая волнообразную форму в виде двух опрокинутых относительно друг друга букв V. На внутренних сторонах скрепки расположены прямоугольные отверстия с отогнутыми пружинными

защелками, а концы скрепки имеют заостренные отвороты.

«Magconi Company Limited» в [40, 41] дает описание дверного уплотнения, служащего электромагнитным экраном, которое образовано сопряженными скошенными кромками дверной обшивки и дверной рамы, между которыми создается извилистый канал. Скошенные кромки, направленные от дверных петель, имеют постоянно увеличивающуюся длину, что в максимальной степени увеличивает длину упомянутого канала, поглощающего электромагнитное излучение, воздействующее извне по периметру двери.

В любом случае уплотняющие прокладки позволяют компенсировать излучение щелей за счет неровностей соединяемых поверхностей. Необходимое давление определяется упругостью прокладки, неровностью сопрягаемых поверхностей.

В настоящее время применяют электромагнитные прокладки: плетенные проволочные, из проводящей пластмассы и из эластомера (упругий полимер), гребенчатые металлические. Плетенные проволочные прокладки напоминают оплетку коаксиальных кабелей. Они могут быть изготовлены из любой тонкой металлической проволоки (монель, алюминий, посеребренная латунь, луженая омедненная сталь). Прокладки из проводящей пластмассы имеют сопротивление 0,001–0,01 Ом/м и могут быть использованы в широком диапазоне температур.

Гребенчатые прокладки штампуют различной конфигурации из бериллиевой бронзы, рабочие поверхности покрывают липким слоем (в том числе проводящими смазками).

Качество механических соединений металл – металл со временем ухудшается. Это происходит из-за коррозии контакта в месте соединения и образования продуктов окисления. Эта проблема, несмотря на благоприятные условия эксплуатации возникает всегда с той лишь разницей, что в некоторых условиях это происходит быстрее. Коррозия может быть либо электролитической, либо гальванической, либо их комбинацией.

Гальванический тип коррозии зависит от влажности окружающей среды. Контактные поверхности действуют как гальваническая пара (различные металлы посылают различное количество ионов в раствор, что является причиной появления разности потенциалов между ними). Если металлы химически одинаковы, то разности потенциалов не возникает.

В табл. 7 приведен электрохимический ряд металлов, расположенных в порядке уменьшения способности образовывать ионный раствор. Чем больше разделение металлов в ряду, тем активнее процесс коррозии. Таким образом, при необходимости применять в прямом соединении различные металлы, последние должны выбираться близкими в ряду.

Таблица 7 – Электрохимический ряд металлов

1	Магний	12	Никель
2	Магниеые сплавы	13	Латунь
3	Цинк	14	Медь
4	Алюминий	15	Бронза
5	Кадмий	16	Медно-никелевые сплавы
6	Сталь или железо	17	Серебряный припой
7	Чугун	18	Серебро
8	Нержавеющая сталь	19	Графит
9	Свинцово-оловянные припои	20	Золото
10	Свинец	21	Платина
11	Олово		

В соединениях из двух металлов корродирует тот, который расположен выше в электрохимическом ряду.

На низких частотах косвенные соединения, т. е. требующие дополнительных накладок из того же либо другого металла, не вызывают больших проблем.

На более высоких частотах необходимо рассматривать полное сопротивление соединения (импеданс), которое имеет обычные электрические параметры  $R$ ,  $L$  и  $C$  с проявлением резонансных явлений.

Проводящая прокладка должна выбираться так, чтобы удовлетворять свойствам упругости, проводимости и гибкости. Кроме того, материал должен быть совместим (не должен вызывать гальванической коррозии) с сопрягаемыми поверхностями и содержать двухвалентное железо, если он будет использоваться для ослабления низких частот.

Важно, чтобы материал имел хорошие механические свойства. Например, применение алюминиевой проволочной сетки обычно не рекомендуется, даже если она будет находиться в контакте с алюминиевыми поверхностями из-за изолирующей оксидной пленки на поверхности проволоки.

Покрытая серебром латунная сетка имеет довольно слабое сопротивление коррозии.

Рекомендуется никелево-оловянное покрытие материалов, содержащих двухвалентное железо, поскольку оно имеет хорошую проводимость и лучшее сопротивление износу.

Литература: 1. Рекомендации по применению, устройству и монтажу экранированных помещений и кабин. «Связь», М., 1966. 2. ОСТ В.107.440130.001–90 Камеры экранированные. Общие технические условия, 1990 г. 3. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов, «Связь». М., 1971. 4. А. П. Ефимов «Экспериментальные подтверждения резонирования экранированных камер», Радиотехнические системы связи, Ленинград, 1989 г. с. 89–94. 5. Дональд Р. Ж. Уайт. «Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи», Выпуск 2. Внутрисистемные помехи и методы их уменьшения. Москва «Сов. Радио» 1978. 6. Анализ конструкций и методов сооружения экранированных камер низких частот. Перевод П–4304 «Problems encountered during the design and fabrication of ELE/VLF shielding enclosures». 7. Магнитно и радиочастотно экранированный бокс. Magnetically and radio frequency shielded enclosure: Патент 4959504 США, МКИ5 Н05К 9/00, «Magnashield Technologies Inc». № 274864; Заявл. 22. 11. 88; Оpubл. 25. 09. 90 НКИ 174/35 MS. 8. Магнитные экраны из аморфных ферромагнетиков. Веденский В. Л., Марцишевский Д. М., Сулов Л. М., Шубина А. М. «Приборы и техника эксперимента». – 1990. – № 2 с. 219–222. 9. Применение аморфных лент для экранирования переменных электромагнитных полей. П–8761. Перевод статьи: Килтука Л., Альман С., Соински М. из журнала Nachrichtentech Elektron., 1989, т. 39, № 6, стр. 226–228. 10. С. И. Петрухенко, В. М. Сергеев, М. Л. Кацевман, Н. А. Миронов «Свойства полимерных материалов, экранирующих электромагнитные помехи. Пласт. Массы» 1993, № 2, с. 28–30. 11. Композиционные листовые материалы для электромагнитного экранирования. Пат. 4774148 США, МКИ 4 В32В 15/08 № 924790; Заявл. 30. 10. 86; Оpubл. 27. 09. 88; НКИ 428/607. 12. Сверхпроводящий магнитный экранирующий материал; Заявка 2138799 Япония, МКИ5 Н05К 9/00, Н01В 12/06. Заявл. 06. 10. 88; Оpubл. 28. 05. 90. Кокай токкё кохо. Сер. 7(2) – 1990. 13. Электропроводные ленты и оплетки. Сайто Юдзиро; Дэнси гидзюцу, «Electron. Eng...» 1989, т. 31, № 12. – с.42–51. Япония. 14. Стальная фольга с высококачественными характеристиками по экранированию электромагнитных волн. Steel foil having excellent shielding characteristics to electromagnetic waves: Патент 4810589. США, МКИ4 Н05К 9/00, С21D 9/46, «Nippon Kogan K.K.» № 185025; Заявл. 22. 04. 88; Оpubл. 07. 03. 89; НКИ 428/606. 15. Магнитный экранирующий материал: Заявл. 1134999 Япония МКИ4 Н05К 9/00, В05D 5/12 «Сумитомо дэнки когё К.К.» – № 62–293837; Заявл. 19. 11. 87; Оpubл. 26. 05. 89. Какой кохё кохо. Сер. 7(2) – 1989. – 125. – с. 527–530. 16. Сравнительные характеристики по ЭМС бериллиевой меди. EMC – Comparative merits of beryllium copper. Electron.Eng...( Великобритания ). 1992.– 64, № 784. – с. 19 – 21. 17. Применение пористого алюминия. Непи Эйити, Нисикава Тору. «Когё дзайрё, Eng. Mater» 1987. 35, № 14, с. 74–76. Япония. 18. Необычные материалы для магнитного экранирования в постоянном магнитном поле. 4 Wiss. Konferenz 10–12 Okt., 1989, Secc № 1, Wiss. Ber. Techn. Hochsch. Leipzig. 1989. – № 16. с. 98–106. Германия. 19. Экраны цилиндрической формы, использующие ленты из аморфного материала. An elliptical cylinder type shielding device using amorphous ribbons, Haga A., Kikuchi S., Nasuno H. Dig. INTERMAG'90: Int. Magn. Conf., Brighton, April 7– 20, 1990., – Brighton, 1990. – с. DP/10. 20. Магнитный экранирующий листовый материал. Magnetic-Shielding sheet: Патент 4992329 США, МКИ5 В32В 5/16, "К.К. Riken and Simizu Construction Co." – № 328746; Заявл. 24. 03. 86; Оpubл. 12. 02. 91 НКИ 428/328. 21. Футляр, экранирующий от электромагнитных помех. Electromagnetic interference shielding cover: Патент 4785136 США, МКИ4 Н05К 1/00. Заявл. 10.11.86; Оpubл. 15. 11. 88; НКИ 174/35 R. 22. Электромагнитное экранирование металлизированной тканью. Теория и эксперимент. П–8941 Blanshard I. P. et al. Electromagnetic shielding by metallized Fabric Enclosure: Theory and Experiment. IEEE Trans. on EMC , т. 30, № 3, 1988 с. 282–288. 23. Электромагнитный экран из электропроводной сетки. Заявка 2110999 Япония, МКИ Н05К 9/00; «Синто торё К.К.» – № 63–263416; Заявл. 19. 10. 88 Оpubл. 24. 04. 90; Кокай токкё кохо, Сер. 7(2) – 1990 – 103. – с. 633–636. 24. Электромагнитное экранированное здание. Electromagnetically shielded building: Заявка 0291597 ЕПВ, МКИ4 Е04В 1/92, Н04В 15/00, Shimizu Construction Co. Ltd.– № 87304616. 3; Заявл. 22. 05. 87; Оpubл. 23. 11. 88. 25. Улучшение резонанса в исследовательской радиокамере. The Toshiaki, IEEE Nat. Sump. Electromagn. Compat., Denver, Colorado, May 23–25, 1989; Sump. Itec. New York ( NY ) 1989 – с. 400–405. 26. Радиочастотное экранирование. Radio frequency shielding: Заявка 2234636 Великобритания, МКИ5 Н05К 9/00, Kings Frand David – № 90165648: Заявл. 27. 07. 90; Оpubл. 06. 02. 91; НКИ Н1К. 27. Экранированная камера. Патент Австрии, МКИ Н05К 9/00, № 377670, Оpubл. 25. 04. 85, выдан 25. 04. 85. 28. Звукоизолированные камеры с защитой от ВЧ – излучения. Rf shielded and acoustic room; Патент 4794206 США, МКИ4 Н05К 9/00 Weinstein Jonathan; Industrial Acoustics Co. Inc. – № 932622; Заявл. 20. 11. 86; Оpubл. 27. 12. 88; НКИ 174/35 MS. 29. Вольф Р. и др. «Исследование конструкции безэховой лаборатории», «ХРБ Сингер инкорпорейтид», Гос. Колледж Пенсильвания, ДДС № АД 273 225, Ноябрь 1961. 30. «А

*Handbook series ON electromagnetic interference and compatibility». Перевод с англ. УДК. 621.391.828. Москва.*

31. Ослабление стоячей волны в лаборатории радиопомех. W. E. Cory, W. C. Dolle, F. C. Milstead, *Standing wave reduction in an RFI laboratory, IEEE transaction on EMC, V. EMC-7, № 1, march 1965, p.p. 64-72.*

32. Яковлев А. Д. «Химия и технология лакокрасочных покрытий», Ленинград, «Химия», 1981 г.

33. Рейдман А. И. Защитные лакокрасочные покрытия, Л., "Химия" 1982.

34. Экранирующая оболочка из электропроводных элементов. Заявка № OS 3620172 ФРГ, МКИ4 Н05К 9/00, Н01R 4/62, Н01R 11/09; E04B 1/92. Заявл. 14. 06. 86; Опубликовано. 17. 12. 87.

35. Способ соединения электромагнитных экранов. Заявка № 62-43560 Япония МКИ4 Н05К 9/00; В23К 1/14. Заявитель «ТДК К.К.» Заявл. 02. 02. 81, Опубликовано. 14. 09. 87. № 7-1089.

36. Проводящая прокладка с огнестойким и износостойким покрытием. *Conductive gasket with flame and abrasion resistant conductive coating: Патент 5045635 США, МКИ5 Н05К 9/00, Н01S 4/00. «Schlegel Corp.» – № 397210; Заявл. 16. 06. 89; Опубликовано. 03. 09. 91; НКИ 174/35 GC.*

37. Уплотняющее устройство с электромагнитным экранированием. Заявка 3742762 ФРГ, МКИ4 Н05К 9/00, F16J 15/08, Philips Patentverwaltung GmbH. – № 37427628; Заявл. 17. 12. 87, Опубликовано. 29. 06. 89.

38. Способ и устройство для экранированного соединения между соседними блоками типа экранированной комнаты или камеры. Заявка 131500 Япония, МКИ 4 Н05К 9/00, E04H 9/14 «Сумитомо суриэму к.к.» № 62-186803; Заявл. 28. 07. 87, Опубликовано. 01. 02. 89.

39. Кокай токхё кохо. Сер. 7(2). – 1989. – 30. – с. 499-502.

39. Крепление для механического и электрического соединения тонких экранирующих стальных пластин. Заявка 281499 Япония, МКИ5 Н05К 9/00, «К.К. Хитати сэйсакусё», «Хитати бизо эндзиниарингу К.К.» № 63-230020; Заявл. 16. 09. 88; Опубликовано. 22. 03. 90.

40. Дверное уплотнение, служащее электромагнитным экраном. Заявка № 0269206, ЕПВ (EP), МКИ4 Н05К 9/00, «The Marconi Company Limited». Заявл. 30. 08. 86, Опубликовано. 01. 06. 88.

41. Способ сочленения дверной рамы с дверью для создания РЧ-уплотнения. Заявка № 0269205, ЕПВ (EP), МКИ4 Н05К 9/00, E06B 5/18, 3/12. «The Marconi Company Limited», Заявл. 30. 08. 87, Опубликовано. 01. 06. 88.

**УДК 681.3, УДК 681.142.2, УДК 681.142.4**

## **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ПОШУКОВИХ СИСТЕМ В ОБЧИСЛЮВАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ**

**Євген Маєвський**

*Національний технічний університет України «КПІ»*

*Анотація:* Розглядаються основні компоненти і надається короткий аналіз сучасних розповсюджених інформаційно-пошукових систем в Інтернет як об'єктів захисту інформаційних технологій, надаються базові правила захисту.

*Summary:* The basic components are considered (examined) and the brief analysis modern popular information systems in the Internet as objects of protection of information technologies is given.

*Ключові слова:* Інформаційно-пошукові системи, пошукові механізми, агенти, пошукові роботи, кроулери, база даних, індексування, сайти, запити, валідність, ранжирування, вагомість.

Сучасні інформаційно-пошукові системи (ІПС) в обчислювальній мережі Інтернет аналізуються у такій послідовності – пошукові системи чи механізми, пошукові роботи, порівняльний аналіз найбільш поширених ІПС, визначення в компонент та процедур як об'єктів захисту.

Основні протоколи, використовувані в Інтернет (надалі також Мережа), не забезпечені достатніми вбудованими функціями пошуку, не говорячи вже про мільйони серверів, що знаходяться в ній. Протокол НТТР, використовуваний в Інтернет, гарний лише у відношенні навігації, що розглядається тільки як засіб перегляду сторінок, але не їхнього пошуку. Те ж саме відноситься і до протоколу FTP, що навіть більш примітивний, чим НТТР.

Через швидкий зріст інформації, доступної в Мережі, навігаційні методи пошуку інформації швидко досягають межі їхніх функціональних можливостей, не говорячи вже про межу їхньої ефективності. Не вказуючи конкретних цифр, можна сказати, що потрібну інформацію вже не представляється можливим одержати відразу, тому що в Мережі зараз знаходяться мільярди документів і усі вони в розпорядженні користувачів Інтернет, до того ж сьогодні їхня кількість зростає експоненціально. Кількість змін, яким ця інформація піддає, величезна і, саме головне, зміни відбулися за дуже короткий період часу. Основна проблема полягає в тому, що єдиної повної функціональної системи відновлення і занесення подібного обсягу інформації, одночасно доступного всім користувачам Інтернет в усьому світі, ніколи не було.

Для того, щоб структурувати інформацію, накопичену в мережі Інтернет, і забезпечити її користувачів зручними засобами пошуку необхідних їм даних і були створені інформаційно-пошукові системи.